

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-102039

(43)Date of publication of application : 15.04.1997

(51)Int.Cl.

G06T 7/00

(21)Application number : 07-258537

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 05.10.1995

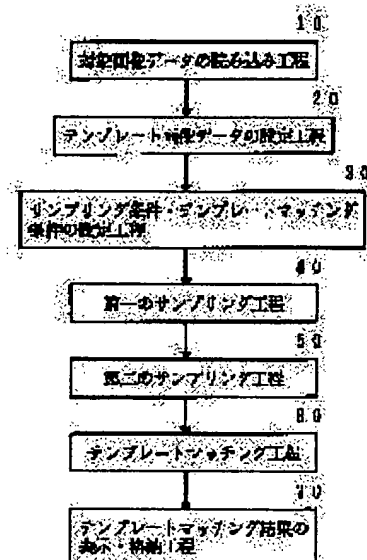
(72)Inventor : ARITA HIDEAKI

(54) TEMPLATE MATCHING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a template matching method that can detect a graphic which is enlarged, reduced and rotated in a wide range for a template graphic.

SOLUTION: In a first sampling process 40, a polar coordinate type sampling point decided in a distance position in terms of geometrical series in a radial direction and decided at an interval in terms of arithmetical series in an angular direction is set in a template picture so as to obtain a polar coordinate type template picture. In a second sampling process 50, a polar coordinate type objective picture data is obtained in the respective scanning points of an objective picture in the same way as the first sampling process 50. In a template matching process 60, polar coordinate template picture data is overlapped with the polar coordinate type objective picture data, the polar coordinate type template picture data is shifted in the radial direction and the angular direction and the maximum normalized correlation value in the respective scanning points is obtained. A matching point is detected based on the obtained maximum normalized correlation value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-102039

(43) 公開日 平成9年(1997)4月15日

(51) Int.Cl.⁶
G 0 6 T 7/00

識別記号 庁内整理番号

F I
G 0 6 F 15/70

技術表示箇所

4 6 0 A
4 5 5 A

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平7-258537

(22) 出願日 平成7年(1995)10月5日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 有田 秀昶

東京都千代田区大手町2丁目6番3号 新

日本製鐵株式会社内

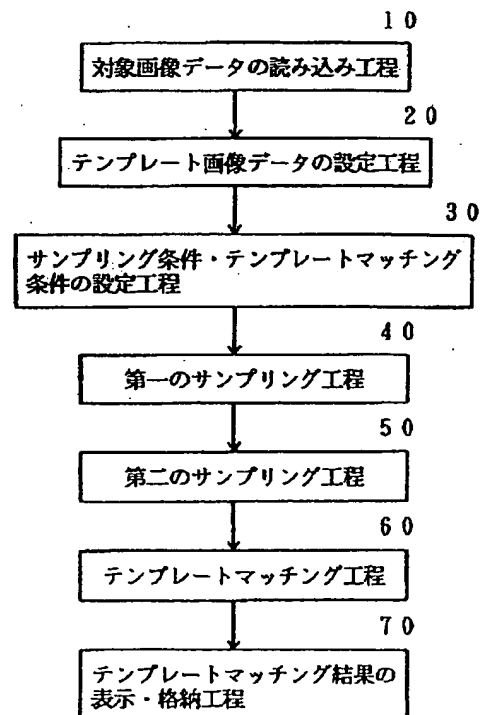
(74) 代理人 弁理士 半田 昌男

(54) 【発明の名称】 テンプレートマッチング方法

(57) 【要約】

【課題】 テンプレート図形に対して広範な範囲で拡大・縮小や回転している図形を検出することができるテンプレートマッチング方法を提供する。

【解決手段】 第一のサンプリング工程40では、テンプレート画像において、動径方向には等比級数的な距離位置に定められ、角度方向には等差級数的な間隔で定められた極座標型サンプリング点を設定し、極座標型テンプレート画像データを得る。第二のサンプリング工程50では、対象画像の各走査点において、第一のサンプリング工程50と同様にして、極座標型対象画像データを得る。そして、テンプレートマッチング工程60では、極座標型対象画像データ上に極座標型テンプレート画像データを重ね合わせ、極座標型テンプレート画像データを動径方向及び角度方向に移動しながら、各走査点における最大の正規化相関値を求め、この求めた最大の正規化相関値に基づいてマッチング点を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象画像中に、テンプレート画像の中のテンプレート図形に一致する部分を検出するテンプレートマッチング方法において、

前記テンプレート画像の中のテンプレート図形を含む第一の円領域に、その第一の円領域の中心を原点として、動径方向については等比級数的な距離位置に定められ、角度方向については等差級数的な間隔で定められた極座標型のサンプリング点を設定し、前記第一の円領域に設定した前記極座標型のサンプリング点において前記テンプレート画像についての画像濃度をサンプリングすることにより、極座標型テンプレート画像データを得る第一のサンプリング工程と、

前記対象画像における各走査点を中心とする第二の円領域に、その第二の円領域の中心を原点として、前記極座標型のサンプリング点を設定し、前記第二の円領域に設定した前記極座標型のサンプリング点において前記対象画像についての画像濃度をサンプリングすることにより、前記各走査点における極座標型対象画像データを得る第二のサンプリング工程と、

前記極座標型対象画像データ上に、前記極座標型テンプレート画像データを重ね合わせ、前記極座標型テンプレート画像データを動径方向及び角度方向に移動することにより、前記極座標型対象画像データと前記極座標型テンプレート画像データとの最大の正規化相関値を求めた後、前記各走査点についての前記最大の正規化相関値のうち最大値を与える点であって、且つ前記最大値が所定の規定値以上である点をマッチング点として検出するテンプレートマッチング工程と、
を具備することを特徴とするテンプレートマッチング方法。

【請求項2】 縦軸に前記極座標型のサンプリング点のうちの動径方向のサンプリング点の列を配置し横軸に前記極座標型のサンプリング点のうちの角度方向のサンプリング点の列を配置した仮想探索空間を構築し、前記極座標型対象画像データを前記仮想探索空間内の所定位置に配置した後、前記仮想探索空間において、前記極座標型テンプレート画像データを前記極座標型対象画像データに重ね合わせ、前記極座標型テンプレート画像データを縦軸方向及び横軸方向に移動しながら、前記最大の正規化相関値を求めることを特徴とする請求項1記載のテンプレートマッチング方法。

【請求項3】 予め設定された回転角度許容範囲と拡大縮小率許容範囲とで指定される矩形の領域を、前記仮想探索空間における探索領域とし、前記探索領域内で前記

極座標テンプレート画像データの代表点を移動することとを特徴とする請求項2記載のテンプレートマッチング方法。

【請求項4】 前記第一の円領域は、前記テンプレート画像の矩形領域の中央位置を中心とし、前記矩形領域の縦方向の長さの横方向の長さのうち小さい方の半分の半径として設定されたものであることを特徴とする請求項1乃至3記載のテンプレートマッチング方法。

【請求項5】 前記第一の円領域に設定された前記極座標型サンプリング点のうちの動径方向のサンプリング点の数は、前記第一の円領域の半径を隣接する画素間の距離で割った値以下であることを特徴とする請求項1乃至4記載のテンプレートマッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、入力された画像とテンプレート画像とを重ね合わせることにより、入力された画像データ中に既知の小画像が含まれているかどうかを調べるテンプレートマッチング方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】画像処理技術においては、入力された画像中に既知の小画像が含まれているか否かを調べるために、各種のパターンマッチング方法が用いられている。かかるパターンマッチング方法のうち、テンプレートマッチング方法は最も簡単な方法であり、広く実用に供されている。

【0003】図13は従来のテンプレートマッチング方法を説明するための図である。図13(a)に示すように、テンプレートと称される既知の探すべき矩形の小画像fの領域サイズをMX×MYとし、図13(b)に示すように、入力された矩形の対象画像gの領域サイズをNX×NYとする。また、テンプレート画像データ及び対象画像データの濃度値のレベルを、0～255の値を持つ256レベルとし、テンプレート画像データについての濃度値が二次元行列f[i][j] (0 ≤ i ≤ MY-1, 0 ≤ j ≤ MX-1) に、入力画像データについての濃度値がg[i][j] (0 ≤ i ≤ NY-1, 0 ≤ j ≤ NX-1) に格納されているとする。テンプレート画像データの代表点をたとえば左上隅点とし、この代表点を、対象画像データの走査点(k, 1)に一致させたときの正規化相関値を次式で定義する。

【0004】

【数1】

corr(k, l) =

$$\frac{\sum_{i=0}^{MY-1} \sum_{j=0}^{MX-1} (f[i][j] - f_{ave}) (g[l+i][k+j] - g_{ave})}{\sqrt{\sum_{i=0}^{MY-1} \sum_{j=0}^{MX-1} (f[i][j] - f_{ave})^2} \sqrt{\sum_{i=0}^{MY-1} \sum_{j=0}^{MX-1} (g[l+i][k+j] - g_{ave})^2}}$$

.... (1)

ここで、 f_{ave} はテンプレート画像データについての平均濃度値、 g_{ave} は対象画像データについての現在処理対象範囲の平均濃度値である。(1)式の値は、-1から+1までの値をとり、テンプレート画像データの代表点を対象画像データの走査点(k, l)に合わせたときに、テンプレート画像fと対象画像gとが完全に一致すれば、corr(k, l) = 1.0になる。そして、テンプレート画像fと対象画像gとの一致度が低下するにしたがって、corr(k, l)は+1より小さくなる。

【0005】従来のテンプレートマッチング方法では、テンプレート画像データを対象画像データに重ね合わせ、図13(c)に示すように、テンプレート画像データを対象画像データの全域にわたって順次走査することにより、各走査点における正規化相関値を計算する。その後、これら各走査点における正規化相関値のうち最大値を与える点であって、且つその最大値が所定の規定値C。(たとえばC = 0.8)以上である点に、テンプレート画像が検出されたとする。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来のテンプレートマッチング方法では、対象画像中に検出される小図形とテンプレート図形とは、原則として大きさ、向きを含めて合同な図形であるということを前提としている。このため、対象画像中の小図形とテンプレート図形とが同じ大きさであっても、向きが異なっていれば、検出することができない。また、対象画像中の小図形とテンプレート図形とが同じ方向を向いていても、大きさが異なっていれば、検出することができない。ただし、若干程度の拡大・縮小、回転している図形については、上記の規定値C.の設定の仕方を工夫することにより検出可能である。しかし、その検出可能な範囲は、拡大縮小率で90~110%、回転角度で±10度以内程度であり、ここに、検出可能な範囲の限界が存在する。このように、従来のテンプレートマッチング方法では、テンプレート画像の中のテンプレート図形に対して広範な範囲で拡大・縮小や回転している図形を検出することができないという問題があった。

【0007】本発明は上記事情に基づいてなされたものであり、テンプレート画像の中のテンプレート図形に対して広範な範囲で拡大・縮小や回転している図形を検出することができるテンプレートマッチング方法を提供す

ることを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための請求項1記載の発明は、対象画像中に、テンプレート画像の中のテンプレート図形に一致する部分を検出するテンプレートマッチング方法において、前記テンプレート画像の中のテンプレート図形を含む第一の円領域に、その第一の円領域の中心を原点として、動径方向については等比級数的な距離位置に定められ、角度方向については等差級数的な間隔で定められた極座標型のサンプリング点を設定し、前記第一の円領域に設定した前記極座標型のサンプリング点において前記テンプレート画像についての画像濃度をサンプリングすることにより、極座標型テンプレート画像データを得る第一のサンプリング工程と、前記対象画像における各走査点を中心とする第二の円領域に、その第二の円領域の中心を原点として、前記極座標型のサンプリング点を設定し、前記第二の円領域に設定した前記極座標型のサンプリング点において前記対象画像についての画像濃度をサンプリングすることにより、前記各走査点における極座標型対象画像データを第二のサンプリング工程と、前記極座標型対象画像データ上に、前記極座標型テンプレート画像データを重ね合わせ、前記極座標型テンプレート画像データを動径方向及び角度方向に移動することにより、前記極座標型対象画像データと前記極座標型テンプレート画像データとの最大の正規化相関値を求めた後、前記各走査点についての前記最大の正規化相関値のうち最大値を与える点であって、且つ前記最大値が所定の規定値以上である点をマッチング点として検出するテンプレートマッチング工程と、を具備することを特徴とするものである。

【0009】請求項2記載の発明に係るテンプレートマッチング方法は、請求項1記載の発明において、縦軸に前記極座標型のサンプリング点のうちの動径方向のサンプリング点の列を配置し横軸に前記極座標型のサンプリング点のうちの角度方向のサンプリング点の列を配置した仮想探索空間を構築し、前記極座標型対象画像データを前記仮想探索空間内の所定位置に配置した後、前記仮想探索空間において、前記極座標型テンプレート画像データを前記極座標型対象画像データに重ね合わせ、前記極座標型テンプレート画像データを縦軸方向及び横軸方向

に移動しながら、前記最大の正規化相関値を求めることを特徴とするものである。

【0010】請求項3記載の発明に係るテンプレートマッチング方法は、請求項2記載の発明において、予め設定された回転角度許容範囲と拡大縮小率許容範囲とで指定される矩形の領域を、前記仮想探索空間における探索領域とし、前記探索領域内で前記極座標テンプレート画像データの代表点を移動することを特徴とするものである。

【0011】請求項4記載の発明に係るテンプレートマッチング方法は、請求項1乃至3記載の発明において、前記第一の円領域は、前記テンプレート画像の矩形領域の中央位置を中心とし、前記矩形領域の縦方向の長さおよび横方向の長さのうち小さい方の半分を半径として設定されたものであることを特徴とするものである。請求項5記載の発明に係るテンプレートマッチング方法は、請求項1乃至4記載の発明において、前記第一の円領域に設定された前記極座標型サンプリング点のうちの動径方向のサンプリング点の数は、前記第一の円領域の半径を隣接する画素間の距離で割った値以下であることを特徴とするものである。

【0012】

【作用】請求項1記載の発明は前記の構成によって、動径方向については等比級数的な距離位置に定められ、角度方向については等差級数的な間隔で定められた極座標型サンプリング点を設定し、この極座標型サンプリング点においてサンプリングした極座標型の画像データを用いて、テンプレートマッチングを行う。このテンプレートマッチングを行う際には、まず、横軸に角度方向のサンプリング点を配置し、縦軸に動径方向のサンプリング点を配置した仮想探索空間を構築し、極座標型対象画像データを仮想探索空間内の所定位置に配置する。そして、この仮想探索空間において、極座標型テンプレート画像データを極座標型対象画像データに重ね合わせ、極座標テンプレート画像データを動径方向及び角度方向に移動しながら、最大の正規化相関値を求める。ここで、極座標型テンプレート画像データを角度方向に移動させることは、テンプレート画像をその中心の回りに回転させることに相当する。また、仮想探索空間において、極座標型テンプレート画像データを動径方向に移動させることは、テンプレート画像をその中心に関して拡大又は縮小することに相当する。したがって、極座標型テンプレート画像データを極座標型対象画像データの上で動径方向、角度方向に移動することにより、対象画像内でテンプレート図形の回転、及び拡大縮小をも考慮したテンプレートマッチングを行うことができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に本発明の一実施形態について図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施形態であるテンプレートマッチング方法を説明するための図

である。本実施形態であるテンプレートマッチング方法では、テンプレート及び対象画像において極座標型のサンプリング点を設定し、この極座標型サンプリング点で画像濃度をサンプリングすることにより、極座標型テンプレート画像データと極座標型対象画像データとを得て、テンプレートマッチングを行う。このテンプレートマッチング方法は、図1に示すように、対象画像データの読み込み工程10と、テンプレート画像データの設定工程20と、サンプリング条件・テンプレートマッチング条件の設定工程30と、第一のサンプリング工程40と、第二のサンプリング工程50と、テンプレートマッチング工程60と、テンプレートマッチング結果の表示・格納工程70とを具備する。

【0014】対象画像データの読み込み工程10では、矩形の対象画像データをたとえばCCDカメラ等を駆動して入力したり、矩形の対象画像データがすでに画像データファイルに格納されている場合には、所定の対象画像データを画像データファイルから読み出したりして、その対象画像データを処理対象の画像データ領域に格納する。このとき、同時に、その対象画像について矩形領域のサイズ、濃度値等の情報を獲得する。また、テンプレート画像データの設定工程20では、テンプレートと称される矩形画像データが予め画像データファイルに格納されている場合には、所定のテンプレート画像データを画像データファイルから読み出し、そのテンプレート画像データをテンプレートの画像データ領域に格納する。あるいは、テンプレート画像データが画像データファイルに格納されていない場合には、対象画像等を表示装置に表示し、その対象画像の中に表された一部の画像を、入力装置を用いて枠で指定することにより、その指定された画像をテンプレート画像として登録すると共に、そのテンプレート画像データをテンプレートの画像データ領域に格納する。このとき、同時に、そのテンプレート画像について矩形領域のサイズ、濃度値等の情報を獲得する。

【0015】サンプリング条件・テンプレートマッチング条件の設定工程30では、動径方向のサンプリング点の数、角度方向のサンプリング点の数、回転角度許容範囲、拡大縮小率許容範囲、正規化相関値の規定値等を設定する。本実施形態では、テンプレート画像を、ここで設定した回転角度許容範囲及び拡大縮小率許容範囲において回転、拡大・縮小させて、かかる画像が対象画像中に含まれているか否かを調べる。ただし、回転角度許容範囲については、デフォルト値として -180° 度 $\sim +180^{\circ}$ 度の全角度範囲を与えておく。また、正規化相関値の規定値は、対象画像の中に、テンプレート画像が含まれているか否かを判定する際のしきい値となるものである。

【0016】第一のサンプリング工程40では、テンプレート画像の中のテンプレート図形を含む第一の円領域

に、その第一の円領域の中心を原点として、動径方向については等比級数的な距離位置に定められ、角度方向については等差級数的な間隔で定められた極座標型のサンプリング点を設定する。そして、この設定した極座標型のサンプリング点においてテンプレート画像についての画像濃度をサンプリングすることにより、極座標型テンプレート画像データを得る。第二のサンプリング工程50では、対象画像における各走査点を中心とする第二の円領域に、その第二の円領域の中心を原点として、第一のサンプリング工程40と同様に、極座標型のサンプリング点を設定する。そして、この設定した極座標型のサンプリング点において対象画像についての画像濃度をサンプリングすることにより、各走査点における極座標型対象画像データを得る。尚、極座標型テンプレート画像データは一つだけ作成されるが、極座標型対象画像データは走査点が変わる毎に作成される。

【0017】テンプレートマッチング工程60では、極座標型対象画像データ上に、極座標型テンプレート画像データを重ね合わせ、極座標型テンプレート画像データを動径方向及び角度方向に移動することにより、極座標型対象画像データと極座標型テンプレート画像データとの最大の正規化相関値を求める。その後、各走査点についての最大の正規化相関値のうち最大値を与える点であって、且つその最大値が所定の規定値以上である点をマッチング点として検出する。テンプレートマッチング結果の表示・格納工程70では、テンプレートマッチング結果をCRT表示装置に表示したり、記憶手段に格納したりする。

【0018】次に、本実施形態であるテンプレートマッチング方法について詳細に説明する。図2は矩形テンプレート画像から極座標型テンプレート画像データを作成する手順を説明するための図、図3は矩形対象画像から極座標型対象画像データを作成する手順を説明するための図、図4乃至図6は仮想探索空間を説明するための図、図7及び図8は極座標型の画像データを用いたマッチング処理を説明するための図である。

【0019】まず、矩形の対象画像をCCDカメラ等を*

$$r_0 \times r_{s-1} = MR$$

から求められる。こうして、等比級数が決定される。そして、第一の円領域の中心から、この決定した等比級数のうちS番目までの各項によって与えられる距離位置

$$r_0, r_1, r_2, \dots, r_{s-1}$$

とする。ところで、隣接する画素間の距離をdとすると、動径方向のサンプリング点の数Sが、第一の円領域の半径MRをdで割った値より大きい場合には、隣接する画素間に、多数のサンプリング点が含まれることになる。かかるサンプリング点については、後述するように、同じ画素における濃度値を用いた補間を行って、画像濃度をサンプリングすることになるので、ほとんど同じサンプリング結果が得られることになる。このため、

*用いて入力する。いま、この対象画像の領域サイズは、図3(a)に示すように、NX×NYであるとする。また、オペレータは、検出しようとする図形についての矩形のテンプレートを設定する。このテンプレート画像の領域サイズは、図2(a)に示すように、MX×MYであるとする。次に、オペレータは、動径方向のサンプリング点の数S、角度方向のサンプリング点の数T、回転角度許容範囲、拡大縮小率許容範囲、及び正規化相関値の規定値C、等を、キーボード等の入力装置から入力する。ここでは、回転角度許容範囲を-180度~+180度の全範囲に、拡大縮小率許容範囲を50%~200%に設定し、また、正規化相関係数の規定値C、を0.8に設定したとする。

【0020】次に、テンプレート画像について極座標型のサンプリング点を設定する。最初に、矩形のテンプレート画像において、テンプレート図形を包含し、可能であるならば、その図形の重心を中心とする第一の円領域を設定する。通常は、図2(a)に示すように、そのテンプレート画像の矩形領域の中央位置 $(x_c, y_c) = (MX/2, MY/2)$ を中心として、x方向の長さMXとy方向の長さMYのうち小さい方の1/2を半径MRとする円領域を設定する。ここで、テンプレート図形について意味のある部分が、その設定した円領域の外にはみでてしまう場合には、テンプレート画像の領域サイズを大きくとって、意味のある部分が円領域の外にはみでないようにする必要がある。こうして、テンプレート画像について第一の円領域が設定され、その中心

(x_c, y_c) と半径MRが求まる。尚、以下では、この第一の円領域におけるテンプレート画像のことを、円形テンプレート画像とも称することにする。

【0021】その後、第一の円領域に動径方向のサンプリング点を定めるための等比級数を決定する。この等比級数の初項 r_0 の値は予め設定されている。一方、公比 $r_s (>1, 0)$ は、動径方向のサンプリング点の数がSであるので、第一の円領域にはS番目の項まで含まれるという条件

$$\dots (2)$$

※が、動径方向のサンプリング点となる。いま、この動径方向のサンプリング点の列を、

$$\dots (3)$$

一般には、動径方向のサンプリング点の数Sは第一の円領域の半径MRを隣接する画素間の距離で割った値以下に設定するのが望ましい。

【0022】また、第一の円領域に角度方向のサンプリング点を定めるための等差級数を決定する。この等差級数の初項 q_0 の値は、たとえば $q_0 = 0$ と予め設定されている。一方、公差 q_s は、角度方向のサンプリング点の数がTであるので、 $q_s = 360 \div T$ で与えられる。

こうして、等差級数が決定され、この決定した等差級数のうちT番目までの各項によって与えられる角度が、角*

$$0 = q_0, q_1, q_2, \dots, q_{T-1} \quad \dots (4)$$

とする。一般に、公差 q_i 、すなわち、角度方向のサンプリング間隔は、細かければ細かいほどよいが、それに比例してサンプリングの処理時間が長くなることになるので、角度方向のサンプリング点の数Tは、この処理時間を考慮して設定することが望ましい。また、テンプレート図形をどの程度まで回転させて検出を行うのか、どの程度の精度で回転を判定すべきであるかを考慮して、角度方向のサンプリング点の数Tを設定すべきである。たとえば、角度方向のサンプリング間隔としては、1、2、3、5、10、15、22.5、45度などの*

$$\begin{aligned} x &= r_i \times \cos q_i + x_c \\ y &= r_i \times \sin q_i + y_c \end{aligned}$$

の関係式から求め、極座標 (r_i, q_i) と直交座標 (x, y) との座標対応テーブルを作成する。ここで、 x, y は一般に実数である。

【0024】次に、テンプレート画像についての極座標サンプリングを実行する。まず、各極座標型サンプリング点 (r_i, q_i) を上記の座標対応テーブルを用いて、対応する点 (x, y) に換算する。次に、矩形のテ★

$$f' [i] [j]$$

$$(i = 0, 1, \dots, S-1, j = 0, 1, \dots, T-1)$$

.... (6)

に格納する。すなわち、この極座標型テンプレート画像データは、図2(c)に示すように、行方向に動径方向のサンプリング点の列 $\{r_i\}$ ($i = 0, 1, \dots, S-1$)、列方向に角度方向のサンプリング点の列 $\{q_i\}$ ($j = 0, 1, \dots, T-1$)をとった $S \times T$ のテーブルに配列される。

【0025】次に、対象画像について極座標型のサンプリング点を設定し、極座標サンプリングを実行する。この場合、極座標型サンプリング点の設定の仕方は、原則として、上記テンプレート画像についての場合と同一であるが、設定された拡大縮小率許容範囲の上限が100%より大きい場合には、若干修正する必要がある。いま、対象画像の中の走査点 (x_c, y_c) に円形テンプレート画像の中心を重ねて、テンプレートマッチングを行う場合について考える。また、拡大縮小率許容範囲の☆40

$$100 r_i \cdot \geq P_{\dots}$$

を満たす最も小さい自然数Lを算出し、対象画像についての動径方向のサンプリング点の数を、テンプレート画像についての動径方向のサンプリング点の数Sに、新た◆

$$r_0, r_1, \dots, r_{S-1}, r_S, \dots, r_{S+L-1} \quad \dots (8)$$

とする。尚、以下では、Lは0又は自然数であるとし、 $P_{\dots} \leq 100$ 、 $P_{\dots} > 100$ のいずれの場合にも、対象画像についての動径方向のサンプリング点の列を(8)式で表すことにする。

【0026】また、対象画像についての角度方向のサン

*度方向のサンプリング点となる。この角度方向のサンプリング点の列を、

※角度間隔のうちの一つを選択すればよい。

【0023】このようにして求めたテンプレート画像についての動径方向のサンプリング点の列 $\{r_i\}$ ($i = 0, 1, \dots, S-1$)と角度方向のサンプリング点の列 $\{q_i\}$ ($j = 0, 1, \dots, T-1$)とにより、図2(b)に示すように、第一の円領域に、その中心 (x_c, y_c) を原点として、極座標型サンプリング点 (r_i, q_i) が設定される。また、この極座標型サンプリング点 (r_i, q_i) に対応する $x-y$ 直交座標を、

.... (5)

★ンプレート画像データに基づいて、この点 (x, y) に最も近い四つの画素点の濃度値を求め、これを用いて、点 (x, y) の濃度値を補間により算出する。そして、この算出した点 (x, y) の濃度値を、対応する極座標型サンプリング点 (r_i, q_i) の濃度値とし、これを極座標型テンプレート画像データについての二次元行列

☆上限を P_{\dots} (%)とする。まず、 $P_{\dots} \leq 100$ の場合には、走査点 (x_c, y_c) を中心として、第一の円領域と同じ半径MRを有する第二の円領域を設定し、一方、 $P_{\dots} > 100$ の場合には、走査点 (x_c, y_c) を中心として、半径が $MR \times P_{\dots} / 100$ である第二の円領域を設定する。次に、テンプレート画像についての動径方向のサンプリング点を定めた等比級数を用いて、対象画像についての動径方向のサンプリング点を設定する。 $P_{\dots} \leq 100$ の場合は、対象画像についての動径方向のサンプリング点の数をSとし、その動径方向のサンプリング点の列を、テンプレート画像についてのものと同様に(3)式で設定する。一方、 $P_{\dots} > 100$ の場合は、第二の円領域が第一の円領域より大きいぶんだけ、動径方向のサンプリング点の数を増やす必要がある。このため、条件

.... (7)

◆にL個のサンプリング点を付加した合計 $S+L$ 個とする。こうして得られた動径方向のサンプリング点の列を、

プリング点の列については、 $P_{\dots} \leq 100$ 、 $P_{\dots} > 100$ のいずれの場合であっても、テンプレート画像についてのものと同様に(4)式で設定する。このようにして求めた対象画像についての動径方向のサンプリング点の列 $\{r_k\}$ ($k = 0, 1, \dots, S+L-1$)と角

度方向のサンプリング点の列 $\{q_j\}$ ($j=0, 1, \dots, T-1$) とにより、図3 (a) に示すように、第二の円領域に、その中心 (x_c, y_c) を原点として、極*

$$\begin{aligned} x &= r_k \times \cos q_j + x_c \\ y &= r_k \times \sin q_j + y_c \end{aligned}$$

の関係式から求め、極座標 (r_k, q_j) と直交座標 (x, y) との座標対応テーブルを作成する。ここで、 x, y は一般に実数である。

【0027】その後、各極座標型サンプリング点 (r_k, q_j) を上記の座標対応テーブルを用いて、対 10 応する点 (x, y) に換算し、この点 (x, y) の濃度*

$$g'[k][j]$$

$$(k=0, 1, \dots, S+L-1, j=0, 1, \dots, T-1)$$

に格納する。すなわち、この走査点 (x_c, y_c) における極座標型対象画像データは、図3 (b) に示すように、行方向に r_k ($k=0, 1, \dots, S+L-1$)、列方向に q_j ($j=0, 1, \dots, N-1$) をとった $(S+L) \times T$ のテーブルに配列される。ここで、図3 (a) に示す半径 r_{s+l-1} の円 C_1 は、第一の円領域と同じ大きさであり、図3 (b) に示す極座標型対象画像データ $g'[k][j]$ においては、この円 C_1 内の領域でサンプリングされた点を含む部分が、極座標型テンプレート画像データ $f'[i][j]$ と同じ数のサンプリング点を含む標準サイズの部分となる。そして、図3 (a) に示す半径 r_{s+l-1} の円 C_1 は、拡大縮小率許容範囲の上限 P_{\dots} に対応するもので、第二の円領域を表す。また、図3 (b) においては、拡大縮小率許容範囲の下限 P_{\dots} に対応する動径方向のサンプリング点を $r_{0..1}$ として示している。

【0028】こうして、テンプレート及び対象画像についての矩形画像データから、一つの極座標型テンプレート画像データ $f'[i][j]$ と、走査点 (x_c, y_c) における極座標型対象画像データ $g'[k][j]$ とが得られると、次に、テンプレートマッチングを行う。まず、図4に示すような、二次元の仮想探索空間を構築する。この仮想探索空間においては、横軸に角度方向のサンプリング点の列を配置し、縦軸に動径方向のサンプリング点の列を配置している。そして、極座標型対象画像データ $g'[k][j]$ を仮想探索空間内の所定位置に配置する。具体的には、図5に示すように、極座標型対象画像データ $g'[k][j]$ を、仮想探索空間内での対応する直交座標位置 (r_k, q_j) 、すなわち領域 R_1 内に配置する。また、極座標型対象画像データ $g'[k][j]$ を、たとえば横軸方向に $+360$ 度だけずらした直交座標位置 $(r_k, q_{j..n})$ 、すなわち領域 R_2 内に配置すると共に、横軸方向に -360 度だけずらした直交座標位置 $(r_k, q_{j..n})$ 、すなわち領域 R_3 内に配置する。そして、この仮想探索空間において、極座標型テンプレート画像データ $f'[i][j]$ を極座標型対象画像データ $g'[k][j]$ に重ね合わせ、極座標テンプレート画像データ $f'[i][j]$ を 50

*座標型サンプリング点 (r_k, q_j) が設定される。また、この極座標型サンプリング点 (r_k, q_j) に対応する $x-y$ 直交座標を、

$$\dots (9)$$

※値を、テンプレート画像についての極座標サンプリングの場合と同様の補間方法を用いて算出する。そして、この算出した点 (x, y) の濃度値を、極座標サンプリング点 (r_k, q_j) の濃度値とし、これをマッチング走査点 (x_c, y_c) における極座標型対象画像データについての二次元行列

動径方向及び角度方向に移動しながら、最大の正規化相関値を求める。

【0029】ここで、本実施形態において、動径方向については等比級数的な距離位置に定められ、角度方向については等差級数的な間隔で定められた極座標型サンプリング点を設定し、この極座標型サンプリング点においてサンプリングした極座標型の画像データを用いて、テンプレートマッチングを行うことにより、次の二つのことが可能となる。第一に、図7に示すように、仮想探索空間において、極座標型テンプレート画像データを角度方向に移動することにより、円形テンプレート画像をその中心の回りに回転したのと同等の効果が得られる。第二に、動径方向のサンプリング点を等比級数的に設定しているため、動径方向に対して隣合う任意の二つのサンプリング点については、これら二つの点の原点からの距離の比は、公比 r_1 だけで決まり、一定である。このため、図8に示すように、仮想探索空間において、極座標型テンプレート画像データを動径方向に移動することにより、円形テンプレート画像をその中心に関して拡大又は縮小したのと同等の効果が得られる。

【0030】テンプレートマッチング処理は具体的に次のように行う。いま、図6に示すように、サンプリング条件・テンプレートマッチング条件の設定工程30で設定した $-180 \sim +180$ 度の回転角度許容範囲と、 $50 \sim 200\%$ の拡大縮小率許容範囲とで指定される矩形の領域を探索領域 R とする。この探索領域 R は、仮想探索空間において、極座標型テンプレート画像データの代表点を移動させる領域となる。そして、図4に示すように、極座標型テンプレート画像データの代表点を左上隅点 $(r_{s..1}, q_0)$ とすると、この代表点を探索領域 R の全域にわたって移動しながら、極座標型テンプレート画像データ $f'[i][j]$ と極座標型対象画像データ $g'[k][j]$ との正規化相関値を求める。ここで、代表点を、拡大縮小率が 100% より小さい位置に合わせた場合、テンプレートマッチング処理に利用可能な動径方向のサンプリング点の数が S 個より少なくなってしまうが、この場合は、動径方向のサンプリング点のうち、大

きい方から所定の個数だけを、テンプレートマッチング処理に利用すればよい。一般に、極座標型のサンプリング点は原点に近いほど密集しており、この原点付近にある極座標型サンプリング点はどれもほぼ同じ濃度値を持っているので、かかる濃度値についてはマッチング判定の際にあまり重要視する必要がないからである。また、代表点を、拡大縮小率が100%より大きい位置に合わせた場合にも、同様の理由から、テンプレートマッチング処理に利用する動径方向のサンプリング点としては、

大きい方から所定の個数だけを用いれば十分である。その後、各代表点において求めた正規化相関値のうち、最大の正規化相関値を記憶手段に格納する。
【0031】次に、対象画像の全面を走査して、各走査点において、上記と同様にして、最大の正規化相関値を求め、これを記憶手段に格納する。その後、この記憶手段に格納された各走査点における最大の正規化相関値のうち、最大値を与える点であって、且つその最大値が所定の規定値以上である点をマッチング点として検出する。マッチング点が発見されると、このマッチング点に

テンプレート画像が含まれていると判定される。一方、マッチング点が発見されなければ、この対象画像には、テンプレート画像が含まれていないと判定される。その後、かかるテンプレートマッチング結果は、表示装置に表示されると共に、記憶手段に格納される。
【0032】尚、上記のテンプレートマッチング方法は、実用的な観点からは、図9に示すような処理手順で行うことが望ましい。すなわち、プログラムのには、テンプレート画像についての計算は一回でよいので、最初に、サンプリング条件・テンプレートマッチング条件の設定を行った後(step12)、テンプレート画像データを

設定して(step14)、第一のサンプリング処理を行う(step16)。次に、対象画像データの読み込みを行い(step18)、対象画像の中の一の走査点において第二のサンプリング処理を行う(step22)。そして、テンプレートマッチング処理を行った後(step24)、テンプレートマッチング結果を表示装置に表示し、記憶手段に記憶する(step26)。次に、対象画像のすべての走査点においてテンプレートマッチング処理が行われたかどうかを判断し(step28)、すべての走査点において処理が行われていない場合には、step22に移行して、次の走査点において同様の処理を繰り返す。一方、step28において、すべての走査点において処理が行われたと判断されると、処理すべき他の対象画像があるかどうかを判断する(step32)。他の対象画像があれば、step18に移行して同様の処理を繰り返す。一方、他の対象画像がなければ、処理が終了する。

【0033】このように、本実施形態であるテンプレートマッチング方法では、動径方向については等比級数的な距離位置に定められ、角度方向については等差級数的な間隔で定められた極座標型のサンプリング点を設定し

た後、この極座標型のサンプリング点において画像濃度をサンプリングして、極座標型テンプレート画像データと極座標型対象画像データとを得ることにより、極座標型対象画像データ上で極座標型テンプレート画像データを移動する際に、極座標型テンプレート画像データを角度方向に移動させることは、テンプレート画像を回転させることに相当し、また、極座標型テンプレート画像データを動径方向に移動させることは、テンプレート画像を拡大・縮小させることに相当する。したがって、極座標型テンプレート画像データを極座標型対象画像データの上で動径方向、角度方向に移動することにより、対象画像内でテンプレート図形の回転、及び拡大縮小をも考慮したテンプレートマッチングを行うことができる。

【0034】また、本発明者等は、本実施形態であるテンプレートマッチング方法を用いて実際に画像処理を行い、その効果を検証した。ここでは、処理の簡便さのために、一の対象画像に対して、検出すべき図形を回転、拡大・縮小した複数のテンプレート画像を用いて、マッチング可否を調べた。対象画像としては、図10に示すように、二組の平行な二本線が直交している画像を用いた。この対象画像の画像サイズは、512×480画素である。また、テンプレート画像としては、図11に示す四つのものを用いた。図11(a)に示す第一のテンプレート画像は、対象画像から二本線が直交する部分を指定して、作成したものであり、その画像サイズは128×128画素である。第二のテンプレート画像は、図11(b)に示すように、第一のテンプレート画像をその中心の回りに30度回転させて得たものである。第三のテンプレート画像は、図11(c)に示すように、第一のテンプレート画像を130%拡大して得たものである。そして、第四のテンプレート画像は、図11(d)に示すように、第一のテンプレート画像をその中心の回りに30度回転し、130%拡大して得たものである。本発明者等が、これら四つのテンプレート画像を用いてマッチング処理を行ったところ、いずれのテンプレート画像を用いた場合でも、非常に精度よくマッチングできた。従来のテンプレートマッチング方法では、拡大縮小率で90~110%、回転角度で±10度以内で図形が検出可能であったことを考えると、本実施形態であるテンプレートマッチング方法では、テンプレート図形に対して検出できる図形の回転角度範囲と拡大縮小率範囲とを、大幅に拡張することができることが確認された。また、本実施形態であるテンプレートマッチング方法は、将来的にコンピュータ等の計算能力が高まるに従って、サンプリング点数を増やすなどのやり方により、さらなる適用範囲の拡大が可能であると思われる。このため、特に、ファクトリーオートメーション、ロボットビジョン、画像による監視分野等において利用するのに好適である。

【0035】尚、本発明は上記の実施形態に限定される

ものではなく、その要旨の範囲内において種々の変形が可能である。たとえば、上記の実施形態において、仮想探索空間で最大の正規化相関値を求める際に、極座標型テンプレート画像データの代表点を二分探索的に走査するようにしてもよい。この場合、まず、図12に示すように、回転角度許容範囲($-180 \sim +180$ 度)と拡大縮小率許容範囲($50 \sim 200\%$)で定まる探索領域Rにおいて、その四つのコーナー位置 P_1, P_2, P_3, P_4 に代表点を重ね合わせて、その各位置での正規化相関値を算出し、このうち最も大きい正規化相関値を与えるコーナー位置を求める。次に、探索領域Rを分割して得られた四つの領域 $R_{01}, R_{02}, R_{03}, R_{04}$ のうち、求めたコーナー位置を含む領域において、同様にして正規化相関値と最も大きい正規化相関値を与えるコーナー位置とを求める。こうして順次探索する領域を縮小していき、最大の正規化相関値を求めることにより、処理時間の短縮を図ることができる。この二分探索的に代表点を走査する方法は、代表点の変化に対して相関値が滑らかに変化する場合に特に有効である。

【0036】また、上記の実施形態では、極座標型サンプリング点において濃度値をサンプリングする際に、サンプリング点に最も近い四つの画素点の濃度値を用いる補間方法を用いた場合について説明したが、サンプリングに用いる補間方法としては、たとえば、サンプリング点に最も近い画素点の濃度値を割り当てる方法や、サンプリング点に最も近い四つの画素点とその濃度値を求め、それら濃度値とサンプリング点からその四つの画素点までの距離とを用いる線形補間による方法等を用いてもよい。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように請求項1記載の発明によれば、動径方向については等比級数的な距離位置に定められ、角度方向については等差級数的な間隔で定められた極座標型のサンプリング点を設定した後、この極座標型のサンプリング点において画像濃度をサンプリングして、極座標型テンプレート画像データと極座標型対象画像データとを得ることにより、極座標型対象画像データ上で極座標型テンプレート画像データを移動する際に、極座標型テンプレート画像データを角度方向に移動させることは、テンプレート画像を回転させることに相当し、また、極座標型テンプレート画像データを動径方向に移動させることは、テンプレート画像を拡大・縮小

させることに相当するので、極座標型テンプレート画像データを極座標型対象画像データの上で動径方向、角度方向に移動することによって対象画像内でテンプレート図形の回転、及び拡大縮小をも考慮したマッチング処理を行うことができるテンプレートマッチング方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態であるテンプレートマッチング方法を説明するための図である。

10 【図2】矩形テンプレート画像から極座標型テンプレート画像データを作成する手順を説明するための図である。

【図3】矩形対象画像から極座標型対象画像データを作成する手順を説明するための図である。

【図4】仮想探索空間を説明するための図である。

【図5】仮想探索空間を説明するための図である。

【図6】仮想探索空間を説明するための図である。

【図7】極座標型の画像データを用いたマッチング処理を説明するための図である。

20 【図8】極座標型の画像データを用いたマッチング処理を説明するための図である。

【図9】本実施形態であるテンプレートマッチング方法の処理手順の一例を説明するための図である。

【図10】本発明者等が本実施形態であるテンプレートマッチング方法を検証する際に実際に用いた対象画像を説明するための図である。

【図11】本発明者等が本実施形態であるテンプレートマッチング方法を検証する際に実際に用いたテンプレート画像を説明するための図である。

30 【図12】極座標型テンプレート画像データの代表点を二分探索的に走査する動作を説明するための図である。

【図13】従来のテンプレートマッチング方法を説明するための図である。

【符号の説明】

10 対象画像データの読み込み工程

20 テンプレート画像データの設定工程

30 サンプリング条件・テンプレートマッチング条件の設定工程

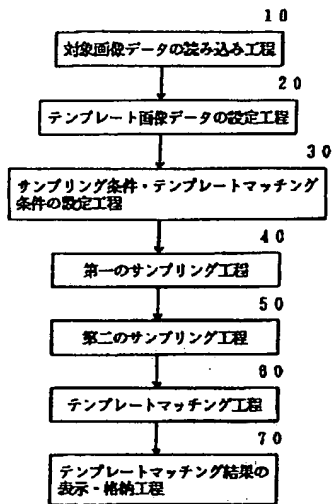
40 第一のサンプリング工程

40 50 第二のサンプリング工程

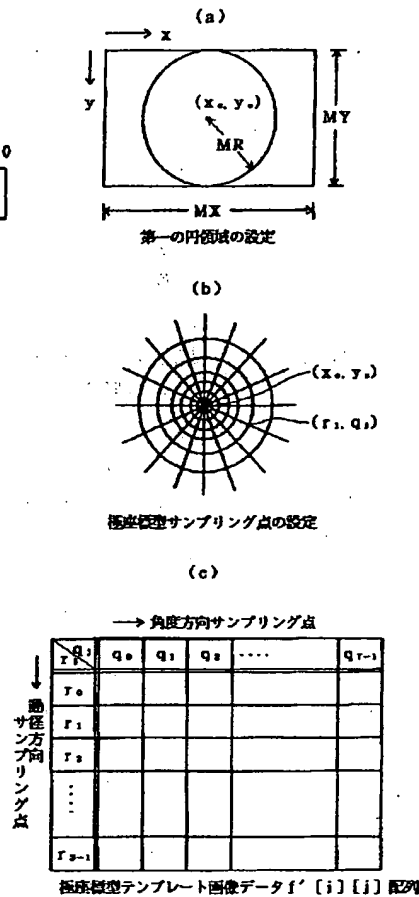
60 テンプレートマッチング工程

70 テンプレートマッチング結果の表示・格納工程

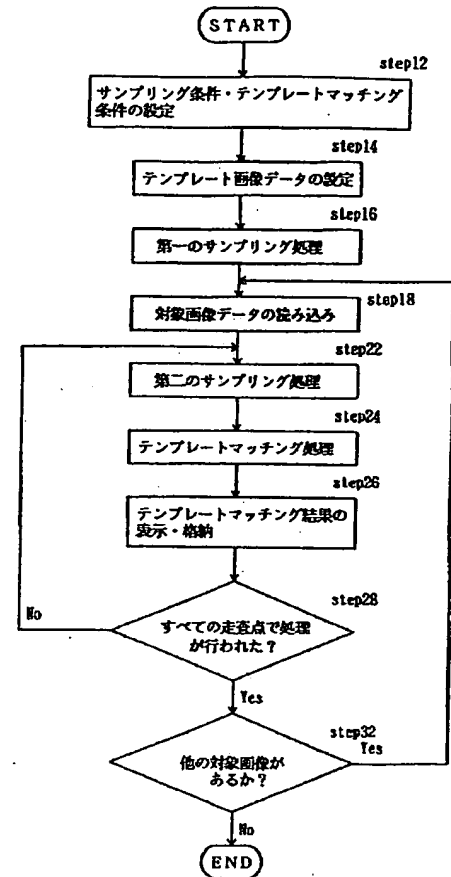
【図1】



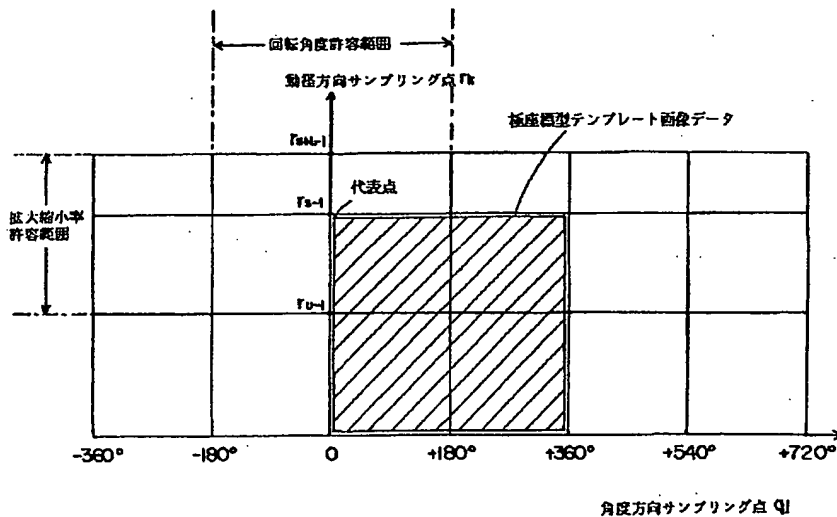
【図2】



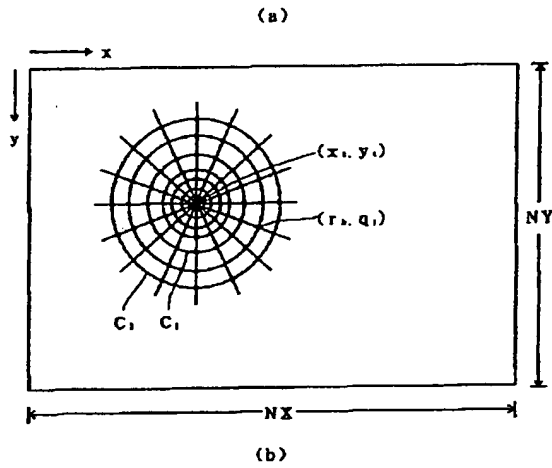
【図9】



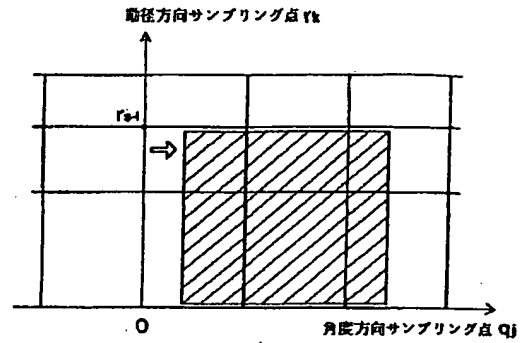
【図4】



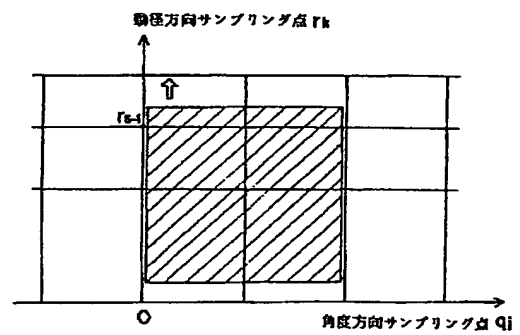
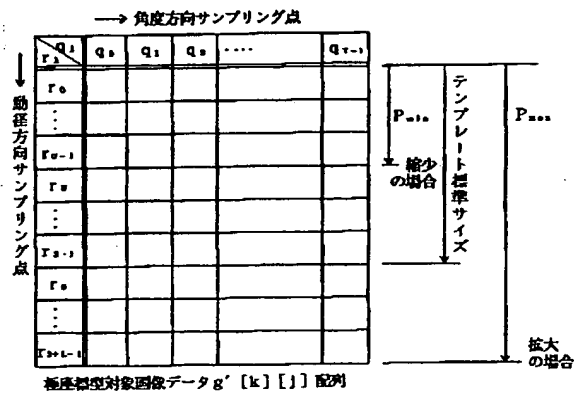
【図3】



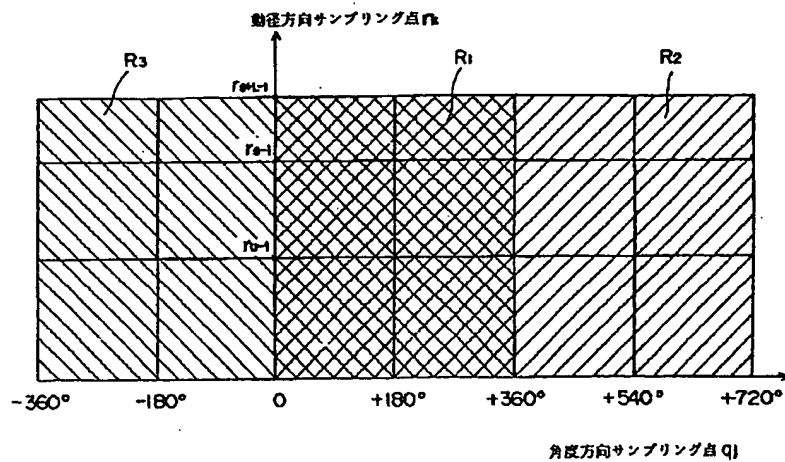
【図7】



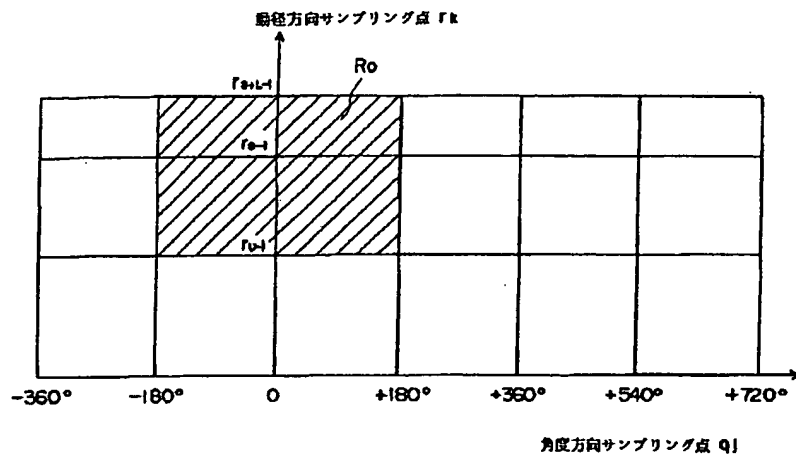
【図8】



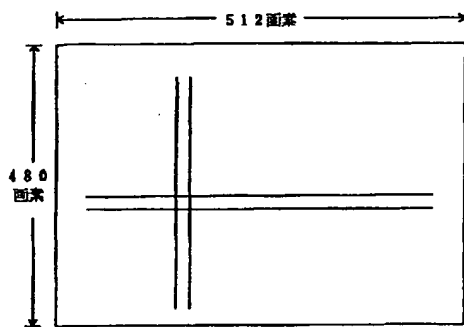
【図5】



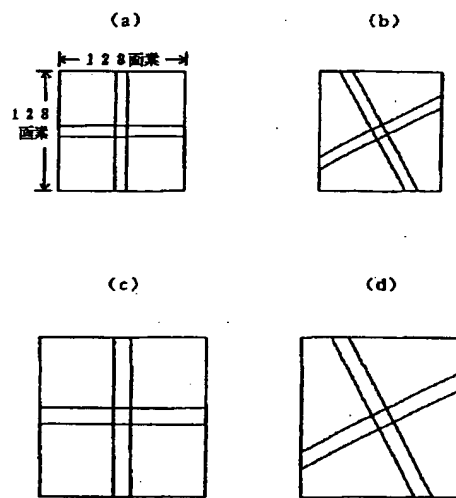
【図6】



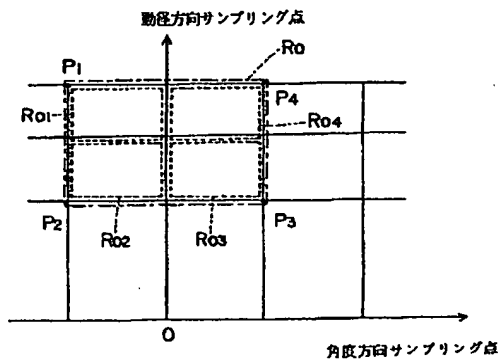
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

